



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Akio MATSUNAGA et al.

Application No.: 10/695,873

Filed: October 30, 2003

Docket No.: 117463

For: EGR-GAS FLOW RATE ESTIMATION APPARATUS FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2002-320400 filed on November 1, 2002

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

James A. Oliff
Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini
Registration No. 30,411

JAO:TJP/amo

Date: November 21, 2003

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

DEPOSIT ACCOUNT USE
AUTHORIZATION
Please grant any extension
necessary for entry;
Charge any fee due to our
Deposit Account No. 15-0461

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2002年11月 1日

出願番号 Application Number: 特願2002-320400

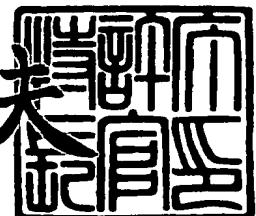
[ST. 10/C]: [JP2002-320400]

出願人 Applicant(s): トヨタ自動車株式会社
株式会社デンソー

2003年11月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康泰



【書類名】 特許願
【整理番号】 PA02-328
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 F02M 25/07
F01P 3/20

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 松永 彰生

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
【氏名】 勝野 祐人

【特許出願人】

【識別番号】 000003207
【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000004260
【氏名又は名称】 株式会社デンソー

【代理人】

【識別番号】 100088971

【弁理士】

【氏名又は名称】 大庭 咲夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100115185

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 慎治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 075994
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1
【プルーフの要否】	要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関のEGRガス温度推定装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の排気通路と吸気通路とに接続された排気還流管と、同排気還流管に介装され同排気還流管内を流れるEGRガスの流量を制御するEGR制御弁と、同排気還流管の同排気通路との接続部と同EGR制御弁との間の同排気還流管に介装され同EGRガスを冷媒を使用して冷却するEGRガス冷却装置と、を備えた内燃機関のEGRガス温度推定装置であって、

前記排気還流管の前記排気通路との接続部であるEGRガス入口部における前記EGRガスの温度を排気還流管入口部EGRガス温度として取得する入口部EGRガス温度取得手段と、

前記排気還流管内を流れるEGRガスの流量に対応するEGRガス流量対応値を取得するEGRガス流量対応値取得手段と、

前記取得された排気還流管入口部EGRガス温度と前記取得されたEGRガス流量対応値に基いて前記EGRガス冷却装置の冷却効率を取得する冷却効率取得手段と、

前記取得された排気還流管入口部EGRガス温度と前記取得された冷却効率に基いて前記排気還流管の前記吸気通路との接続部であるEGRガス出口部における前記EGRガスの温度を排気還流管出口部EGRガス温度として推定する出口部EGRガス温度推定手段と、

を備えた内燃機関のEGRガス温度推定装置。

【請求項2】

請求項1に記載の内燃機関のEGRガス温度推定装置において、

前記EGRガス冷却装置の冷媒の温度を取得する冷媒温度取得手段を更に備えるとともに、

前記出口部EGRガス温度推定手段は、更に前記取得された冷媒の温度に基いて前記排気還流管出口部EGRガス温度を推定するよう構成された内燃機関のEGRガス温度推定装置。

【請求項3】

請求項2に記載の内燃機関のEGRガス温度推定装置において、前記出口部EGRガス温度推定手段は、前記取得された排気還流管入口部EGRガス温度と前記取得された冷媒温度の温度差に前記冷却効率を乗じることによりEGRガス温度変化分を推定し、同排気還流管入口部EGRガス温度から同推定されたEGRガス温度変化分を減じることにより前記排気還流管出口部EGRガス温度を推定するように構成された内燃機関のEGRガス温度推定装置。

【請求項4】

請求項1乃至請求項3の何れか一項に記載の内燃機関のEGRガス温度推定装置において、

前記冷却効率取得手段は、前記取得されたEGRガス流量対応値を前記取得された排気還流管入口部EGRガス温度で除した値に基いて前記冷却効率を取得するように構成された内燃機関のEGRガス温度推定装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、内燃機関の排気還流管を流れるEGRガスの温度を推定する内燃機関のEGRガス温度推定装置に関する。

【0002】**【従来の技術】**

従来より、内燃機関から排出される窒素酸化物（NO_x）の量を低減するため、同内燃機関の排ガスの一部を排気還流管を介して吸気通路に循環させるEGR装置が広く知られている。EGR装置は、火花点火式内燃機関及びディーゼル機関の何れにも適用される。

【0003】

一方、ディーゼル機関においては、超希薄空燃比下で燃焼が行われる。即ち、燃焼に必要な酸素は十分に存在するので、ディーゼル機関の出力は燃料量に大きく依存することになる。従って、ディーゼル機関においては、NO_x排出量の大畠な低減を目的として循環される排ガスの量（即ち、EGRガスの質量流量、以

下、単に「EGRガス流量」と云う。)を増大し、しかも、要求される機関の出力を確保することを目的として必要な燃料量の燃料を供給すると、増大したEGRガス流量により機関が吸入する新気量(酸素量)が減少するので、燃料量に対する新気量の比(即ち、空燃比)がリッチ側に移行する。その結果、微粒子状物質(パーティキュレート・マター、以下「PM」と云う。)の排出量が増大してしまう。

【0004】

このことから、EGRガスを冷却するEGRガス冷却装置(EGRクーラー)を排気還流管に介装し、同EGRガス冷却装置によってEGR温度下げることによりEGRガスの密度を増大し、以て、新気量を減少させることなくEGR量を増大可能とすることにより、NO_x及びPMの両方の排出量を低減しようとする装置が開発されて来ている。

【0005】

ところで、例えば、機関に吸入される総べてのガス(以下「吸気」とも称呼する。)の流量に対する同EGRガス流量の比であるEGR率に基いてEGRガス流量を制御する場合、同EGR率を精度良く推定する必要があり、EGR率を精度良く推定するためには吸気量を精度良く推定しなければならない。吸気量は、インテークマニホールドとシリンダとの接続部(インテークマニホールド出口部)における温度(吸気温度)により変化するから、吸気温度を精度良く推定する必要がある。そして、この吸気温度を精度良く推定するためには、新気の温度、及び同新気とEGRガスとが混合される直前のEGRガスの温度(この温度は、EGRガス冷却装置出口部におけるEGRガス温度と実質的に等しい。)を精度良く推定しなければならない。即ち、EGRガス冷却装置にて冷却された後のEGRガスの温度を正確に取得・推定することは、機関を適正に制御する上で極めて重要である。

【0006】

このような観点に基き、上記EGRガス冷却装置を備えた従来の装置の一つは、EGRガス冷却装置の効率(冷却効率)に相当する値kをエンジン回転速度と燃料噴射量とに基いて求めるとともに、その補正係数khをEGR流量に基いて求

める。そして、この従来の装置は、前記値 k 、前記補正係数 kh 、EGRガス冷却装置の伝熱面面積 A 、EGRガス流量 G 、EGRガス比熱 C_p 、EGRガス冷却水温度 T_{wg} 、及び排気温度 T_{ex} と、 $T_{egr} = T_{ex} - T_{wg} \cdot k \cdot A / (k \cdot kh \cdot A / 2 - G \cdot C_p)$ なる式とにより、EGRガス冷却装置出口部のEGRガス温度 T_{egr} を推定するようになっている（例えば、特許文献1参照。）。

【0007】

【特許文献1】

特開平11-166452号公報（第6頁、図11、図14）

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、EGRガス冷却装置に流入するEGRガス流量が同一であっても、EGRガス冷却装置の冷却効率（熱伝達率） η_{egr} は、同EGRガス冷却装置に流入するEGRガスの温度（この温度は、排気還流管と排気通路との接続された同排気還流管入口部でのEGRガス温度と実質的に等しい。）が変化すると大きく変化する。即ち、図17に示したように、EGRガス冷却装置に流入するEGRガス流量が同一であっても、同EGRガス冷却装置に流入するEGRガス温度が第1温度から同第1温度よりも高い第2温度に変化すると、冷却効率 η_{egr} は点Aから点Bへと変化する。これは、EGRガス冷却装置に流入するEGRガスの温度と同EGRガス冷却装置の冷媒の温度の温度差が大きいほど、同EGRガス冷却装置によってEGRガスからより多くの熱が奪われるからである。

【0009】

従って、EGRガス冷却装置に流入するEGRガス温度を考慮することなく同EGRガス冷却装置の冷却効率を推定する上記従来の技術は、同EGRガス冷却装置出口部のEGRガスの温度を精度良く推定することができないという問題がある。

【0010】

本発明は、かかる課題に対処するためになされたものであって、その目的は、排気還流管入口部EGRガス温度に基いてEGRガス冷却装置の冷却効率を取得することで、排気還流管と吸気通路との接続部であるEGRガス出口部における

EGRガス温度を精度良く推定することができる内燃機関のEGRガス温度推定装置を提供することにある。

【0011】

【本発明の概要】

本発明による内燃機関のEGRガス温度推定装置は、内燃機関の排気通路と吸気通路とに接続された排気還流管と、同排気還流管に介装され同排気還流管内を流れるEGRガスの流量を制御するEGR制御弁と、同排気還流管の同排気通路との接続部と同EGR制御弁との間の同排気還流管に介装され同EGRガスを冷媒を使用して冷却するEGRガス冷却装置と、を備えた内燃機関のEGRガス温度推定装置であって、前記排気還流管の前記排気通路との接続部であるEGRガス入口部における前記EGRガスの温度を排気還流管入口部EGRガス温度として取得する入口部EGRガス温度取得手段と、前記排気還流管内を流れるEGRガスの流量に対応するEGRガス流量対応値を取得するEGRガス流量対応値取得手段と、前記取得された排気還流管入口部EGRガス温度と前記取得されたEGRガス流量対応値に基いて前記EGRガス冷却装置の冷却効率を取得する冷却効率取得手段と、前記取得された排気還流管入口部EGRガス温度と前記取得された冷却効率に基いて前記排気還流管の前記吸気通路との接続部であるEGRガス出口部における前記EGRガスの温度を排気還流管出口部EGRガス温度として推定する出口部EGRガス温度推定手段と、を備えている。

【0012】

これによれば、入口部EGRガス温度取得手段により、前記排気還流管の前記排気通路との接続部であるEGRガス入口部における前記EGRガスの温度が、排気還流管入口部EGRガス温度として取得される。この入口部EGRガス温度取得手段は、排気還流管入口部EGRガス温度を、新気流量、燃料量、吸気圧力、及び排気圧力等から計算により求めるものであってよく、或いは、排気還流管との接続部近傍の排気通路に設けられた温度センサ（排気温度センサ）の出力に基いて求めるものであってもよい。

【0013】

また、EGRガス流量対応値取得手段により、前記排気還流管内を流れるEGR

R ガスの流量に対応する E G R ガス流量対応値が取得される。この E G R ガス流量対応値とは、排気還流管内を流れる E G R ガスの流量それ自体であってもよく、同 E G R ガス流量と等価な値、例えば、排気還流管内を流れる E G R ガスの流速であってもよい。排気還流管の形状は既知であるから、例えば、E G R ガスの流速を排気還流管内に設けた流速センサにより検出すれば、その検出値に基いて E G R ガス流量を求めることができるからである。

【0014】

更に、冷却効率取得手段により、前記取得された排気還流管入口部 E G R ガス温度と前記取得された E G R ガス流量対応値とに基いて前記 E G R ガス冷却装置の冷却効率が取得される。そして、出口部 E G R ガス温度推定手段は、前記取得された排気還流管入口部 E G R ガス温度と前記取得された冷却効率とに基いて前記排気還流管の前記吸気通路との接続部である E G R ガス出口部における前記 E G R ガスの温度を排気還流管出口部 E G R ガス温度として推定する。

【0015】

このように、本装置によれば、E G R ガス冷却装置の冷却効率が排気還流管入口部 E G R ガス温度にも基いて決定されるから、同冷却効率が正しい値に近づく。従って、本装置は、排気還流管出口部 E G R ガス温度を精度良く推定することができる。

【0016】

この場合、前記 E G R ガス温度推定装置は、前記 E G R ガス冷却装置の冷媒の温度を取得する冷媒温度取得手段を更に備えるとともに、前記出口部 E G R ガス温度推定手段は、更に前記取得された冷媒の温度に基いて前記排気還流管出口部 E G R ガス温度を推定するように構成されることが好適である。

【0017】

E G R ガス冷却装置の冷媒の温度は、排気還流管出口部 E G R ガス温度を変化させる。従って、上記構成によれば、E G R ガス冷却装置の冷媒の温度が排気還流管出口部 E G R ガス温度の推定に反映されるので、同排気還流管出口部 E G R ガス温度がより精度良く推定され得る。

【0018】

更に、この場合、前記出口部EGRガス温度推定手段は、前記取得された排気還流管入口部EGRガス温度Texと前記取得された冷媒温度Treibaiとの差に前記冷却効率 η_{egr} を乗じることによりEGRガス温度変化分（ $\Delta T = \eta_{egr} \cdot (Tex - Treibai)$ ）を推定し、同排気還流管入口部EGRガス温度Texから同推定されたEGRガス温度変化分 ΔT を減じることにより前記排気還流管出口部EGRガス温度Tegrを推定する（即ち、式 $Tegr = Tex - \eta_{egr} \cdot (Tex - Treibai)$ によりTegrを推定する）ように構成され得る。

【0019】

これによれば、「排気還流管入口部EGRガス温度Texと前記取得された冷媒温度Treibaiとの差($\Delta T = Tex - Treibai$)が大きいほどEGRガスの温度が大きく低下する。」との現象が、排気還流管出口部EGRガス温度Tegrの推定に適正に反映される。従って、排気還流管出口部EGRガス温度がより精度良く推定され得る。

【0020】

また、前記冷却効率取得手段は、前記取得されたEGRガス流量対応値（例えば、EGRガス流量Gegr）を前記取得された排気還流管入口部EGRガス温度Texで除した値（=Gegr/Tex）に基いて前記冷却効率 η_{egr} を取得するように構成されることが好適である。

【0021】

実験によれば、EGRガス冷却装置の冷却効率 η_{egr} と排気還流管入口部EGRガス温度（Tex）とは略反比例の関係にあることが判明した。従って、例えば、EGRガス流量Gegrを排気還流管入口部EGRガス温度Texで除した値（=Gegr/Tex）と前記冷却効率 η_{egr} との関係を実験により求め、これらの関係を表す関数を記憶装置内に格納するか、又はこれらの関係を示すデータをテーブル値として記憶装置内に格納しておき、実際の値（Gegr/Tex）と格納されている関数又はテーブル値とに基いて実際の冷却効率 η_{egr} を求めるように構成することができる。従って、EGRガス流量Gegrと排気還流管入口部EGRガス温度Texとの組み合わせ（Gegr, Tex）の各々に対して冷却効率 η_{egr} を実験により求め、 η_{egr} を求めるための関数をTex毎に記憶装置に格納し、実際のEGRガス温度Texに応じ

た関数を選択して使用するように構成したり、これらデータの組 (Gegr, Tex, η_{egr}) からなる膨大なデータをテーブル値として記憶装置内に格納して冷却効率 η_{egr} を求めるように構成した場合に比べ、より簡単で少ない記憶量をもって精度良く冷却効率 η_{egr} を求めることができる。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による内燃機関の EGR ガス温度推定装置及び EGR 制御装置を含む内燃機関（ディーゼル機関）の制御装置の実施形態の一つについて図面を参照しつつ説明する。

【0023】

図 1 は、本発明による内燃機関の制御装置を 4 気筒内燃機関（ディーゼル機関）10 に適用したシステム全体の概略構成を示している。このシステムは、燃料供給系統を含むエンジン本体 20、エンジン本体 20 の各気筒の燃焼室にガスを導入するための吸気系統 30、エンジン本体 20 からの排ガスを放出するための排気系統 40、排気還流を行うための EGR 装置 50、及び電気制御装置 60 を含んでいる。

【0024】

エンジン本体 20 の各気筒の上部には燃料噴射弁 21 が配設されている。各燃料噴射弁 21 は、電気制御装置 60 と電気的に接続されていて、同電気制御装置 60 からの駆動信号（指令燃料噴射量 $qfin$ に応じた指令信号）により所定時間だけ開弁し、これにより燃料タンクと接続された燃料噴射用ポンプ（図示省略）から供給される高圧の燃料を噴射するようになっている。

【0025】

吸気系統 30 は、エンジン本体 20 の各気筒の燃焼室にそれぞれ接続されたインテークマニホールド 31、インテークマニホールド 31 の上流側集合部に接続され同インテークマニホールド 31 とともに吸気通路を構成する吸気管 32（インテークマニホールド 31 及び吸気管 32 を「吸気管」と総称することもある。）、吸気管 32 内においてスロットル弁アクチュエータ 33a により同吸気管 32 に回動可能に保持されたスロットル弁 33、スロットル弁 33 の上流において

吸気管32に介装されたインタークーラー34、同インタークーラー34の上流において吸気管32に介装されたターボチャージャ35のコンプレッサ35a、及び吸気管32の先端部に配設されたエアクリーナ36を含んでいる。

【0026】

排気系統40は、エンジン本体20の各シリンダに接続されたエキゾーストマニホールド41、エキゾーストマニホールド41の下流側集合部に接続された排気管42、排気管42に配設されたターボチャージャ35のタービン35b、ターボチャージャ絞り弁35c、及び排気管42に介装されたディーゼルパティキュレートフィルタ（以下、「D P N R」と称呼する。）43を含んでいる。エキゾーストマニホールド41及び排気管42は排気通路を構成している。

【0027】

ターボチャージャ絞り弁35cは、電気制御装置60と接続されていて、同電気制御装置60からの駆動信号に応答してターボチャージャ35の容量を実質的に可変とするようにタービン35bに流入する排ガス通路面積を可変とする弁である。このターボチャージャ絞り弁35cが閉じられてタービン35bに流入する排ガス通路面積を小さくすると過給圧が増大し、逆にターボチャージャ絞り弁35cが開かれてタービン35bに流入する排ガス通路面積を大きくすると過給圧が低下する。

【0028】

D P N R 43は、コーナーライト等の多孔質材料から形成されたフィルタを内蔵し、通過する排ガス中のパティキュレートを細孔表面にて捕集するフィルタである。D P N R 43は、担体としてのアルミナに、カリウムK、ナトリウムNa、リチウムLi、セシウムCsのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCaのようなアルカリ土類金属、及びランタンLa、イットリウムYのような希土類金属から選ばれた少なくとも一つを白金とともに担持し、NOxを吸収した後に同吸収したNOxを放出して還元する吸蔵還元型NOx触媒としても機能するようになっている。

【0029】

E G R装置50は、排ガスを還流させる通路（E G R通路）を構成する排気還

流管51と、排気還流管51に介装されたEGR制御弁52と、排気還流管51に介装されたEGRガス冷却装置（EGRクーラー）53とを備えている。

【0030】

排気還流管51はタービン35bの上流側排気通路（エキゾーストマニホールド41）と接続された部分をEGRガス（排ガス）の入口部とし、スロットル弁33の下流側吸気通路（インテークマニホールド31）と接続された部分をEGRガスの出口部として、同入口部（排気還流管入口部）と同出口部（排気還流管出口部）とを連通し、同入口部と同出口部の間をEGRガスが通過するガス流通管を構成している。

【0031】

また、前記インテークマニホールド31をガス流通管として考えた場合、その入口部は同インテークマニホールド31と排気還流管51との接続部ということになり、インテークマニホールド31の出口部は同インテークマニホールド51と内燃機関10の燃焼室（シリンド、気筒）とが接続された同燃焼室への吸気流入部（吸気弁により開閉される開口部）ということになる。

【0032】

EGR制御弁52は電気制御装置60と接続されていて、同電気制御装置60からの駆動信号（EGR制御弁開度指令値SEGR）に応答して再循環される排ガス量（排気還流量、EGRガス流量）を変更し、後述するようにEGR率を制御するようになっている。

【0033】

EGRガス冷却装置53は、同装置の入口部から流入するとともに同装置の出口部から流出するEGRガスの通路を内部に形成している。また、EGRガス冷却装置53は、前記EGRガスの通路に露呈した冷却部を備えている。この冷却部内にはエンジン冷却水が冷媒として循環するようになっている。

【0034】

電気制御装置60は、互いにバスで接続されたCPU61、CPU61が実行するプログラム、テーブル（ルックアップテーブル、マップ）、及び定数等を予め記憶したROM62、CPU61が必要に応じてデータを一時的に格納するR

AM63、電源が投入された状態でデータを格納するとともに同格納したデータを電源が遮断されている間も保持するバックアップRAM64、並びにADコンバータを含むインターフェース65等からなるマイクロコンピュータである。

【0035】

インターフェース65は、吸気管32に配置された熱線式エアフローメータ71、インタークーラー34とスロットル弁33との間の吸気通路に設けられた新気温センサ（吸気温センサ）72、スロットル弁33の下流であって排気還流管51が接続された部位よりも上流の吸気通路に配設された吸気圧センサ73、エンジン回転速度センサ74、水温センサ75及びアクセル開度センサ76と接続されていて、これらのセンサからの信号をCPU61に供給するようになっている。また、インターフェース65は、燃料噴射弁21、スロットル弁アクチュエータ33a、ターボチャージャ絞り弁35c、及びEGR制御弁52と接続されていて、CPU61の指示に応じてこれらに駆動信号を送出するようになっている。

【0036】

熱線式エアフローメータ71は、エアクリーナ36を介して吸気管32内に新たに吸入された大気（即ち、新気）の質量流量（単位時間当たりの吸入空気量、単位時間あたりの新気量）を計測し、同新気の質量流量に応じた信号（新気流量）Gaを発生するようになっている。新気温センサ72は、エアクリーナ36を介して吸気管32内に吸入された新気の温度（即ち、新気温度）を検出し、同新気温度を表す信号Taを発生するようになっている。吸気圧センサ73は、吸気通路内の圧力（吸気圧、過給圧）を表す信号Pbを発生するようになっている。

【0037】

エンジン回転速度センサ74は、エンジン10の回転速度を検出し、エンジン回転速度NEを表す信号を発生するとともに、各気筒の絶対クランク角度を検出し得るようになっている。水温センサ75は、エンジン10の冷却水温を検出し、同冷却水温を表す信号THWを発生するようになっている。アクセル開度センサ76は、アクセルペダルAPの操作量を検出し、アクセル開度（アクセル操作量）を表す信号Accpを発生するようになっている。

【0038】

次に、上記のように構成された内燃機関の制御装置の作動について説明する。電気制御装置60のCPU61は、図2に機能ブロック図で示された各値を計算するためのプログラムを所定時間の経過毎に繰り返し実行し、実EGR率Ractを計算するようになっている。以下、ブロック毎に説明を加える。なお、以下に述べる各値の幾つかは、図3に概念的に示されている。

【0039】

<実EGR率Ractの取得>

実EGR率Ractは、エンジン10のシリンダに吸入された単位時間あたりの実EGRガス流量Gegr（実際のEGRガス質量流量であって、以下、「EGRガス流量Gegr」と称呼する。）を同エンジン10に吸入された単位時間あたりの全ガス量Gcyl（実際の全ガス質量流量であって、以下、「全ガス流量Gcyl」とも称呼する。）で除した値（ $Ract = Gegr / Gcyl$ ）である。EGRガス流量Gegrは、全ガス流量Gcylから、エンジン10に吸入された単位時間あたりの新気量Gaact（大気の質量、以下、「実新気流量Gaact」と云う。）を減じた量である。従って、CPU61は、ブロックB1に示したように、下記(1)式に基づいて実EGR率Ractを計算する。

【0040】

【数1】

$$Ract = \frac{Gcyl - Gaact}{Gcyl} \quad \cdots (1)$$

【0041】

<実新気流量Gaactの取得>

(1)式で用いられる実新気流量Gaactは、エアフローメータ71が計測した計測新気流量Gaよりも時間的に遅れて変化するから、同計測新気流量Gaに一次遅れ処理を施すことにより求められる値と略等しくなる。従って、CPU61は、計測新気流量Gaに対して一次遅れ処理を施すブロックB2に示した下記(2)式に基づいて実新気流量Gaactを計算する。 α は0から1までの値を有する定数である。なお、Gaact(n)は今回の演算による実新気流量Gaact、Gaact(n-1)は所定時間前

に実行された前回の演算による実新気流量 G_{aact} 、 $G_a(n)$ は今回の演算タイミングにおけるエアフローメータ71の出力に基く計測新気流量 G_a である。

【0042】

【数2】

$$G_{aact}(n) = \alpha \cdot G_{aact}(n-1) + (1-\alpha) \cdot G_a(n) \quad \cdots (2)$$

【0043】

<全ガス流量 G_{cyl} の取得>

(1)式の計算を行うために更に必要となる全ガス流量 G_{cyl} は、気体の状態方程式からも推察されるように、スロットル弁33の下流の吸気管内の圧力（吸気圧） P_b とエンジン10のシリンダに吸入されるガスの温度（吸入ガス温度） T_{bout} とに応じた値となる。このエンジン10のシリンダに吸入されるガスの温度 T_{b0ut} は、以下、「インテークマニホールド出口部ガス温度 T_{bout} 」と称呼する。

【0044】

実際には、全ガス流量 G_{cyl} はエンジン10の気筒内に残留するガス量の影響も受ける。従って、CPU61は、ブロックB3に示したように、下記(3)式で示した実験式に基づいて実EGR率 R_{act} を計算する。(3)式において、 a 、 b は実験により定められる適合定数であり、 T_{base} はこれらの定数 a 、 b を定めたときのインテークマニホールド出口部ガス温度（基準温度）である。また、(3)式で用いられる吸気圧（過給圧） P_b は、吸気圧センサ73から取得される。

【0045】

【数3】

$$G_{cyl} = \frac{T_{base}}{T_{bout}} (a \cdot P_b + b) \quad \cdots (3)$$

【0046】

<実ガス温度 T_{bout} の取得>

(3)式の計算を行うためには、インテークマニホールド出口部ガス温度 T_{bout} を取得する必要がある。CPU61は、ブロックB4に示したように、このインテークマニホールド出口部ガス温度 T_{bout} を下記(4)式に従って計算する。

【0047】

【数4】

$$T_{bout} = T_{bin} - \eta_{im} \cdot (T_{bin} - T_{wallim}) \quad \cdots (4)$$

【0048】

(4)式において、

T_{bin} は、図3に示したように、EGR制御弁52の出口側のインテークマニホールド31の内部、即ち、EGRガスと新気とが混合された部位（以下、単に「合流部」又は「インテークマニホールド入口部」と称呼する。）の混合ガス温度であり、以下「インテークマニホールド入口部ガス温度 T_{bin} 」と称呼する。

T_{wallim} は、インテークマニホールド入口部から吸気弁までの間のインテークマニホールド31の壁温であり、以下、「インテークマニホールド壁温 T_{wallim} 」と称呼する。

η_{im} は、インテークマニホールド入口部からインテークマニホールド出口部（吸気弁により開閉される部分）までの間のインテークマニホールド31における熱伝達率（冷却効率）であり、以下、「インテークマニホールド熱伝達率 η_{im} 」と称呼する。

【0049】

上記(4)式は、インテークマニホールド31の壁面とシリンダに吸入されるガスとの間での熱の授受、及び同インテークマニホールド31の壁面と外気（インテークマニホールド31の外側の空気の温度） T_{air} との間での熱の授受を考慮した式であって、これらの熱の授受を右辺第2項 ($\eta_{im} \cdot (T_{bin} - T_{wallim})$) で代表させた式である。この値 ($\eta_{im} \cdot (T_{bin} - T_{wallim})$) は、インテークマニホールド31内を吸気（新気+EGRガス）が通過する際に、吸気の温度がどれだけ変化するかを示す変化温度対応値である。

【0050】

ガス（吸気）とガス流通管（インテークマニホールド31）との間の熱授受は、同ガスの入口部温度と同ガス流通管の壁温の差に強い相関（例えば、比例関係）がある。また、熱伝達率は、ガスとガス流通管壁との間の熱の授受、及びガス

流通管壁と外部との間の熱の授受を適切に表すことが可能である。従って、上記構成によれば、前記熱授受を簡単で且つ精度良く推定することができ、前記変化温度対応値も精度良く推定することが可能となる。

【0051】

ところで、(4)式によりインテークマニホールド出口部ガス温度Tboutを取得するためには、同(4)式の右辺の各値 (T_{bin} , T_{wallim} , η_{im}) を取得しなければならない。以下、順に説明する。

【0052】

<インテークマニホールド入口部ガス温度 T_{bin} の取得>

CPU61は、ブロックB5に示したように、インテークマニホールド入口部ガス温度 T_{bin} をエネルギー保存則に基く下記(5)式に従って計算する。

【0053】

【数5】

$$T_{bin} = (G_{aact} \cdot T_a \cdot C_{air} + G_{egr} \cdot T_{egr} \cdot C_{egr}) / (G_{all} \cdot C_{ave}) \quad \cdots (5)$$

【0054】

(5)式の右辺における各値について図3を参照しながら説明する。

G_{aact} は先に説明した実新気流量であり、前記ブロックB2により(2)式に従って求められる。

T_a は先に説明した新気温度であって新気温センサ72により検出される。

C_{air} は新気の比熱（新気ガス比熱）であって予め与えられる定数である。

【0055】

G_{egr} は先に説明したEGRガス流量であり、後述する方法により求められる。

T_{egr} はEGRガスと新気とが合流部にて混合する直前のEGRガス温度である。即ち、温度 T_{egr} は、排気還流管51の前記吸気通路との接続部であるEGRガス出口部におけるEGRガスの温度であって、以下「排気還流管出口部EGRガス温度（EGR出口部EGRガス温度） T_{egr} 」と称呼する。排気還流管出口部EGRガス温度 T_{egr} は後述する方法により求められる。

C_{egr} はEGRガスの比熱（EGRガス比熱）であって予め与えられる定数であ

る。

【0056】

G_{all} は、EGRガスと新気とが混合したガスの総和量、即ち、実新気流量 G_{aac} とEGRガス流量 G_{egr} との和であって、以下、「インテークマニホールド入口部ガス流量 G_{all} 」と称呼する。

C_{ave} は、EGRガスと新気とが混合したガスの比熱（混合ガス比熱）であり、予め与えられる定数である。

【0057】

(5)式によりインテークマニホールド入口部ガス温度 T_{bin} を取得するためには、排気還流管出口部EGRガス温度 T_{egr} 、EGRガス流量 G_{egr} 、インテークマニホールド入口部ガス流量 G_{all} を取得しなければならない。従って、以下、更に順を追って説明する。

【0058】

<排気還流管出口部EGRガス温度 T_{egr} の取得>

CPU61は、ブロックB6に示したように、排気還流管出口部EGRガス温度 T_{egr} を下記(6)式に従って計算する。ブロックB6は、出口部EGRガス温度推定手段を構成している。

【0059】

【数6】

$$T_{egr} = T_{ex} - \eta_{egr} \cdot (T_{ex} - T_{HW}) \quad \dots(6)$$

【0060】

(6)式において、

T_{ex} は、排気還流管51とエキゾーストマニホールド41との接合部近傍の同排気還流管51入口部におけるEGRガス温度（即ち、エキゾーストマニホールド41と排気還流管51との接合部近傍での排ガス温度）であり、以下、「排気還流管入口部ガス温度 T_{ex} （EGR通路入口部EGRガス温度 T_{ex} ）」と称呼する。

η_{egr} は、EGRガス冷却装置53の冷却効率（熱伝達率）である。

THWは、エンジン10の冷却水温であるが、EGR冷却装置53の冷媒はエンジン冷却水であるから、冷却水温THWは冷媒の温度Treibaiと等しい。

【0061】

上記(6)式は、EGRガス冷却装置53（の冷却部）と同EGR冷却装置を通過するEGRガスとの間での熱の授受を考慮した式である。即ち、(6)式の右辺第2項 ($\eta_{egr} \cdot (Tex - THW)$) は、EGRガス冷却装置53内をEGRガスが通過する際に、EGRガスの温度がどれだけ変化するかを示す変化温度対応値である。

【0062】

実際には、EGRガスは、排気還流管入口部から流入して排気還流管出口部に到達するまでの間に、排気還流管51の壁面との間で熱の授受を行う。しかしながら、EGRガスと排気還流管51の壁面との間の熱交換量は、EGRガスとEGRガス冷却装置53との間の熱交換量に比べて極めて小さい。従って、(6)式の右辺第2項 ($\eta_{egr} \cdot (Tex - THW)$) は、EGRガスが排気還流管入口部から流入して排気還流管出口部に到達するまでの間に、同EGRガスの温度がどれだけ変化するかを示す値と実質的に等しい。

【0063】

ところで、(6)式により排気還流管出口部EGRガス温度Tegrを取得するためには、上記排気還流管入口部EGRガス温度Tex、及びEGR冷却装置の冷却効率 η_{egr} を取得しなければならない。以下、順に説明する。

【0064】

＜排気還流管入口部のEGRガス温度Texの取得＞

CPU61は、ブロックB8及びブロックB9示したように、排気還流管入口部のEGRガス温度Tex（排ガス温度Tex）を下記(7)式に従って計算する。ブロックB8及びブロックB9は、EGRガス温度取得手段を構成している。

【0065】

【数7】

$$T_{\text{ex}} = f T_{\text{ex}}(X T_{\text{ex}}) \quad \cdots(7)$$

$$X T_{\text{ex}} = G_f^a / G_{\text{aact}}$$

または

$$X T_{\text{ex}} = (G_f^a / G_{\text{aact}}) \cdot (P_b / P_{\text{ex}})$$

または

$$X T_{\text{ex}} = G_f \cdot \Phi$$

または

$$X T_{\text{ex}} = G_f \cdot \Phi \cdot (P_b / P_{\text{ex}})$$

$$\Phi = G_f / G_a$$

ここで、

G_f : 単位時間あたりの燃料噴射量(g/s)

G_{aact} : 実新気流量(g/s)

P_b : 過給圧

P_{ex} : エキゾーストマニホールド内ガス圧力

Φ : 等量比

a : 定数

である。

【0066】

(7)式において、

単位時間あたりの燃料噴射量 G_f は、図4のブロックB P 3に示したように、指令燃料噴射量 q_{fin} 及びエンジン回転速度NEに基いて求められる。例えば、 $G_f = kG_f \cdot q_{\text{fin}} \cdot NE$ (kG_f は定数) である。

実新気流量 G_{aact} は、上述したブロックB 2により(2)式に基いて求められる。

過給圧 P_b は、吸気圧 P_b であり、吸気圧センサ73から取得される。

エキゾーストマニホールド内ガス圧力 P_{ex} は、後述する手法により求められる

。

【0067】

上記(7)式は、「排気還流管入口部E G Rガス温度 T_{ex} は、シリンダ内へ投入されるエネルギー（発熱量）と、同シリンダ内で発生した熱のガスへの伝達に大きく依存する。」という知見に基いている。シリンダ内へ投入されるエネルギーは燃料噴射量 G_f に強い相関がある。また、シリンダ内で発生した熱のガスへの伝達は、実新気流量 G_{aact} （実新気流量 G_{aact} は発熱に寄与しない代わりに、排ガス温

度を低下させるように機能する。）、又は、ガス比熱に関連した値である等量比Φに強い相関がある。そこで、(7)式では変数X_{Tex}に上記したような値を選択している。

【0068】

なお、変数X_{Tex}のひとつに使用されている値（過給圧P_b/エキゾーストマニホールド内ガス圧力P_{ex}）は、エキゾーストマニホールド41内における排ガスの通過のし易さ（留まり易さ）を表している。排ガスがエキゾーストマニホールド41内に留まるほど、同排ガスとエキゾーストマニホールド41外部との間でより多くの熱が伝達される。従って、（過給圧P_b/エキゾーストマニホールド内ガス圧力P_{ex}）をパラメータとして導入することで、排気還流管入口部EGRガス温度Texの推定精度が高くなる。また、過給圧P_bはEGRガス量と相関があり、且つ、EGRガス量が多いほど燃焼開始時の温度が高くなっている排ガス温度Tex（排気還流管入口部EGRガス温度Tex）も高くなるので、過給圧P_bをパラメータとして考慮することは、この点においても同排ガス温度Texの精度向上に寄与する。

【0069】

(7)式の関数f_{Tex}と定数aはエンジンの機種毎に決定される。以下は、関数f_{Tex}と定数aを決定する手順の一例である。

(Step1) 関数f_{Tex}と定数aを決定すべきエンジンの運転条件を変更し、各エンジン状態量(G_f, G_{aact}, P_b, P_{ex}, T_{ex})を測定する。

(Step2) 測定結果に基いて、変数X_{Tex}とEGRガス温度Texの実測値との相関が高くなるように定数aを決定する。なお、変数X_{Tex}に等量比Φを含む値を用いた場合には、定数aの値の調整（決定）は省略される。

(Step3) 決定された定数aで決る変数X_{Tex}とEGRガス温度Texの実測値とに基いて、関数f_{Tex}を決定する。

図5は、変数X_{Tex}としてG_f・Φ・(P_b/P_{ex})を選択した場合の同変数X_{Tex}と実測された排気還流管入口部EGRガス温度Texとの関係の一例を示している。この場合、関数f_{Tex}は、T_{ex}=f_{Tex}(X_{Tex})=545.9・X_{Tex}^{0.3489}となった。

【0070】

<エキゾーストマニホールド内ガス圧力Pexの取得>

上記(7)式の変数XTexとしてエキゾーストマニホールド内ガス圧力Pexを含む変数を使用する場合、同エキゾーストマニホールド内ガス圧力Pexを求める必要がある。C P U 6 1は、機能ブロック図である図4に示したように、下記(8)式に従ってエキゾーストマニホールド内ガス圧力Pexを算出する。

【0071】

【数8】

$$\left. \begin{array}{l} P_{\text{ex}} = f_{\text{Pex}}(X_{\text{Pex}}) \\ X_{\text{Pex}} = (G_f + G_{\text{aact}}) \cdot P_b / K_{vn} \\ K_{vn} = A_{vn} + a_{vn} \end{array} \right\} \cdots (8)$$

ここで、

Gf: 単位時間あたりの燃料噴射量(g/s)

Gaact: 実新気流量(g/s)

Pb: 過給圧

Kvn: 可変容量ターボチャージャ絞り係数

Avn: 可変容量ターボチャージャ開度(0~100%)

a_{vn}: 正の定数

である。

【0072】

(8)式において、

燃料噴射量Gfは、図4のブロックB P 3に示したように、指令燃料噴射量qfin及びエンジン回転速度NEに基いて求められる。

実新気流量Gaactは、上述したブロックB 2により(2)式に従って求められる。

過給圧Pbは、吸気圧Pbであり、吸気圧センサ73から取得される。

可変容量ターボチャージャ開度Avnは、図4のブロックB P 4内に示したように、指令燃料噴射量qfin及びエンジン回転速度NEを引数とするテーブルにより求める値である。C P U 6 1は、ターボチャージャ絞り弁35cの開度がこの値Avnに基いた値となるように、同ターボチャージャ絞り弁35cに対して駆動信号を供給する。また、可変容量ターボチャージャ開度Avnは、ブロックB P 5にて定数avnが加えられ、上記(8)式の可変容量ターボチャージャ絞り係数Kvnに変換される。なお、後述するように、目標過給圧を設定して実際の過給圧が同目標過

給圧となるように値Avnを決定してもよい。

【0073】

上記(8)式は、「エキゾーストマニホールド内ガス圧力Pexは、シリンダ内に流入するガス量 ($G_{aact} + G_f$)、可変容量ターボチャージャ絞り弁35cの開度Avn、及びターボチャージャ35のタービン35bの抵抗を表す過給圧に極めて強い相関を有する。」という知見に基いている。

【0074】

(8)式の関数fPexと定数avnはエンジンの機種毎に決定される。以下は、関数fPexと定数avnを決定する手順の一例である。

(Step1) 関数fPexと定数avnを決定すべきエンジンの運転条件を変更し、各エンジン状態量 ($G_f, G_{aact}, P_b, Avn, Pex$) を測定する。

(Step2) 測定結果に基いて、変数XPexとエキゾーストマニホールド内ガス圧力Pexとの相関が高くなるように定数avnを決定する。

(Step3) 決定された定数avnで決る変数XPexとエキゾーストマニホールド内ガス圧力Pexの実測値とに基いて、関数fPexを決定する。

図6は、このようにして関数fPexを決定する際に使用した実測値の一例を示している。この例の場合、関数fPexは下記の(9)式のようになった。このように、本実施形態は、排気圧力センサを用いることなく排気圧力Pexを求めることができ、装置のコストを低下させることができる。

【0075】

【数9】

$$Pex = fPex(XPex) = -2 \cdot 10^{-8} \cdot XPex^2 + 0.059 \cdot XPex + 100.59 \quad \cdots (9)$$

【0076】

以上により、(7)式の変数XTexを求めるための各値 (G_f, G_{aact}, P_b, Pex) が求められて変数XTexが決定される。従って、CPU61は、(7)式に従って計算を行い、排気還流管入口部EGRガス温度Tex（排ガス温度Tex）を求める。一方、(6)式に従って排気還流管出口部EGRガス温度Tegrを求めるためには、更に、EGRガス冷却装置の冷却効率 η_{egr} を取得しなければならない。

【0077】

< EGR ガス冷却装置の冷却効率 η_{egr} の取得 >

CPU61は、図2のブロックB10に示したように、EGRガス冷却装置の冷却効率 η_{egr} を下記(10)式に従って計算する。ブロックB10は、冷却装置の冷却効率取得手段（推定手段）を構成している。

【0078】

【数10】

$$\eta_{egr} = f_{\eta_{egr}}(Gegr/Tex) \quad \cdots(10)$$

【0079】

(10)式に示したように、EGRガス冷却装置の冷却効率 η_{egr} を求めるためには、排気還流管入口部EGRガス温度TexとEGRガス流量Gegrとが必要となる。排気還流管入口部EGRガス温度Texは、ブロックB8及びブロックB9により上記(7)式により求められる。EGRガス流量Gegrは、後述するブロックB12により下記の(11)式により求められる。

【0080】

なお、(10)式でのEGRガス流量Gegrは、EGRガス流量Gegrに対応した値（EGRガス流量対応値）であればよく、例えば、排気還流管51の所定箇所におけるEGRガス流速Vegrで置き換えることができる。EGR通路（排気還流管51とEGRガス冷却装置53の形成するEGR通路）の形状は既知であるから、EGRガス流速Vegrに基いてEGRガス流量Gegrを推定できるからである。EGRガス流速Vegrは、排気還流管51内に流速センサを配設し、同流速センサの出力から直接取得してもよい。

【0081】

(10)式の関数 $f_{\eta_{egr}}$ はエンジンの機種毎に決定される。以下は、関数 $f_{\eta_{egr}}$ を決定する手順の一例である。

(Step1) 関数 $f_{\eta_{egr}}$ を決定すべきエンジンの運転条件を変更し、各エンジン状態量 (Gegr, Tex, η_{egr}) を測定する。

(Step2) 測定結果に基いて、図7に示したように、 η_{egr} と Gegr/Texとの関係

をグラフ化する。

(Step3) step2のグラフに基いて、関数 $f_{\eta \text{egr}}$ を決定する。

【0082】

図17に示したように、冷却効率 ηegr とEGRガス流量Gegrとの関係は排気還流管入口部EGRガス温度Texが異なると変化する。これに対し、冷却効率 ηegr と、EGRガス流量Gegrを排気還流管入口部EGRガス温度Texで除した値(Gegr/Tex)と、の関係は、図7に示したように、排気還流管入口部EGRガス温度Texに関わらず一義的に定まる。換言すると、冷却効率 ηegr と排気還流管入口部EGRガス温度Texとは略反比例の関係にあることが実験的に判明したので、値(Gegr/Tex)を変数として冷却効率 ηegr を求めることで、より簡便に関数 $f_{\eta \text{egr}}$ を求めることができる。

【0083】

本装置は、上記関数 $f_{\eta \text{egr}}$ を関数の形としてROM62内に格納するか、又は、値(Gegr/Tex)と ηegr との組み合わせからなるデータをテーブル(一次元マップ)のテーブル値としてROM62内に格納していく、実際に得られた値(Gegr/Tex)と、格納されている関数又はテーブルとに基いて実際の冷却効率 ηegr を求める。なお、電気制御装置60の計算能力及び／又は記憶容量に余裕がある場合、(Gegr, Tex, ηegr)をエンジンの運転状態を変化させながら実測し、その実測データをテーブルMap ηegr (二次元マップ)としてROM62内に格納しておき、実際のEGRガス流量Gegr、実際の排気還流管入口部EGRガス温度Tex、及び前記格納したテーブルMap ηegr とから実際の冷却効率 ηegr を求めるようにもよい。或いは、 $\eta \text{egr} = g(\text{Tex}, \text{Gegr})$ なる関数 $g(\text{Tex}, \text{Gegr})$ を排気還流管入口部EGRガス温度Tex毎に求めてROM内に格納しておき、実際の排気還流管入口部EGRガス温度Texに基いて記憶している複数の関数 $g(\text{Tex}, \text{Gegr})$ の中から適切な関数 $g(\text{Tex}, \text{Gegr})$ を選択し、その選択した関数 $g(\text{Tex}, \text{Gegr})$ と実際のEGRガス流量Gegrとから冷却効率 ηegr を求めてよい。

【0084】

以上により、ブロックB6による(6)式に従う計算に必要な排気還流管入口部EGRガス温度Tex、EGRガス冷却装置の冷却効率 ηegr 、及び冷却水温THW(

冷媒温度Treibai) が得られるので、同(6)式により排気還流管出口部EGRガス温度Tegrが求められる。この段階において、(5)式の計算を行うために更に求めが必要がある変数は、EGRガス流量Gegr及びインテークマニホールド入口部ガス流量Gallである。これらは、次のようにして求められる。

【0085】

< EGRガス流量Gegrの取得 >

EGRガス流量Gegrは、EGR制御弁52の前後差圧(Pex-Pb)とEGR制御弁52の開度を表すEGR制御弁開度指令値SEGRとにより求めることができる。即ち、CPU61は、ブロックB12に示したように、EGRガス流量Gegrを下記(11)式に従って計算する。ブロックB12は、EGRガス流量対応値取得手段を構成している。なお、関数fGegrは、予め実験により求められ、ROM62内に格納されている。

【0086】

【数11】

$$\text{Gegr} = \text{fGegr}(\text{Pex}-\text{Pb}, \text{SEGR}) \quad \cdots(11)$$

【0087】

(11)式において、エキゾーストマニホールド内ガス圧Pexは、図4のブロックBP1により上記(8)式に従って求められる。過給圧Pbは上記吸気圧センサ73から取得される。EGR制御弁開度指令値SEGRはCPU61のEGR制御弁52への指令値である。この場合、EGR制御弁開度指令値SEGRに代えて、EGR制御弁52の開度(リフト量)を検出するセンサからの信号を用いてもよい。

【0088】

<インテークマニホールド入口部ガス流量Gall>

インテークマニホールド入口部ガス流量Gallは、上述したように、実新気流量GaactとEGRガス流量Gegrとの和である。CPU61は、ブロックB13に示したように、インテークマニホールド入口部ガス流量Gallを下記(12)式に従って計算する。

【0089】

【数12】

$$G_{all} = G_{aact} + G_{egr} \quad \cdots(12)$$

【0090】

(12)式における実新気流量 G_{aact} はブロックB2により上記(2)式に基いて求められる。EGRガス流量 G_{egr} はブロックB12により上記(11)式に基いて求められる。

【0091】

以上により、上記(5)式に従う計算に必要な各値が求められるので、CPU61はブロックB5により同(5)式に基いてインテクマニホールド入口部ガス温度 T_{bin} を求める。一方、この段階において、(4)式(ブロックB4)によりインテクマニホールド出口部ガス温度 T_{bout} を求めるために必要な変数は、インテクマニホールド壁温 T_{wallim} 、及びインテクマニホールド熱伝達率 η_{im} である。これらは、次のようにして求められる。

【0092】

<インテクマニホールド壁温 T_{wallim} の取得>

インテクマニホールド壁温 T_{wallim} は、水温センサ75が検出する冷却水温 T_{HW} と相関が強い。従って、CPU61は、ブロックB14により、冷却水温 T_{HW} の増大とともに増大する関数 $f1T_{wallim}$ を使用して下記(13)式に従ってインテクマニホールド壁温 T_{wallim} を計算する。なお、関数 $f1T_{wallim}$ は、予め実験により求められ、ROM62内に格納されている。

【0093】

【数13】

$$T_{wallim} = f1T_{wallim}(T_{HW}) \quad \cdots(13)$$

【0094】

<インテクマニホールド熱伝達率 η_{im} の取得>

CPU61は、ブロックB15及びブロックB16に示したように、インテクマニホールド熱伝達率 η_{im} を下記(14)式に従って計算する。

【0095】

【数14】

$$\left. \begin{array}{l} \eta_{im} = f(\eta_{im}(Vim, THW)) \\ Vim = f(Vim(Gall)) \end{array} \right\} \cdots(14)$$

【0096】

(14)式において、 Vim はインテークマニホールド内ガス流速である。このインテークマニホールド内ガス流速 Vim は、インテークマニホールド31の形状が既知であるから、上記(14)式に示したように、インテークマニホールド入口部ガス流量 $Gall$ に基いて求めることができる。インテークマニホールド入口部ガス流量 $Gall$ は、ブロックB13により上記(12)式に従って求められる。

【0097】

なお、インテークマニホールド内ガス流速 Vim は、インテークマニホールド31に流速センサを配設し、同センサの出力から直接取得してもよい。一方、(14)式の関数 $f(\eta_{im})$ はインテークマニホールド内ガス流速 Vim を変数としているが、これに代えて、インテークマニホールド入口部ガス流量 $Gall$ を変数としてもよい。

【0098】

上記(14)式は、「インテークマニホールド熱伝達率 η_{im} は、インテークマニホールド31内のがス流速 Vim に大きく影響を受ける。」という知見に基いている。なお、(14)式においては、冷却水温 THW をも変数としてインテークマニホールド熱伝達率 η_{im} を求めており、冷却水温 THW を省略して単にインテークマニホールド内ガス流速 Vim の関数($\eta_{im} = f(\eta_{im}(Vim))$)、又はインテークマニホールド入口部ガス流量 $Gall$ の関数($\eta_{im} = f(\eta_{im}(Gall))$)としてインテークマニホールド熱伝達率 η_{im} を求めて求めるもよい。

【0099】

関数 $f(\eta_{im})$ はエンジンの機種毎に異なるので、その都度実測値との比較に基いて決定する。あるエンジンに対する実測値の例を図8に示す。図8の例では、下記(15)式に示すように関数 $f(\eta_{im})$ が決定される。

【0100】

【数15】

$$\begin{aligned}\eta_{im} &= f(\eta_{im}(Vim, THW)) \\ &= (-0.000061 \cdot THW^2 + 0.003378 \cdot THW - 0.180831) \cdot \ln(Vim) \\ &\quad + (0.000048 \cdot THW^2 - 0.000227 \cdot THW + 0.509251)\end{aligned} \quad \cdots(15)$$

【0101】

以上により、上記(4)式に従う計算に必要な各値 ($Tbin$, η_{im} , $Twallim$) が求められるので、C P U 6 1はブロックB 4により同(4)式に基いてインテークマニホールド出口部ガス温度 $Tbout$ を求める。従って、C P U 6 1はブロックB 3により(3)式に基いてエンジン10に吸入された単位時間あたりの全ガス流量 $Gcyl$ を求め、その結果、ブロックB 1により(1)式に基いて実E G R率 $Ract$ を求める。

【0102】

次に、このように取得される各値を用いたエンジン10の各種制御について説明する。

【0103】

<燃料噴射量及び燃料噴射時期制御>

C P U 6 1は、図9にフローチャートにより示した燃料噴射量及び燃料噴射時期を制御するためのルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行するようになっている。従って、所定のタイミングになると、C P U 6 1はステップ900から処理を開始し、ステップ905に進んでアクセル開度 $Accp$ 、エンジン回転速度NE、及び図10に示したテーブル（マップ） $Mapqfin$ から指令燃料噴射量 $qfin$ を求める。テーブル $Mapqfin$ は、アクセル開度 $Accp$ 及びエンジン回転速度NEと指令燃料噴射量 $qfin$ との関係を規定するテーブルであり、R O M 6 2内に格納されている。

【0104】

次いで、C P U 6 1はステップ910に進み、指令燃料噴射量 $qfin$ 、エンジン回転速度NE、及び図11に示したテーブル $Mapfinj$ から基本燃料噴射時期 $finj$ を決定する。テーブル $Mapfinj$ は、指令燃料噴射量 $qfin$ 及びエンジン回転速度NEと基本燃料噴射時期 $finj$ との関係を規定するテーブルであり、R O M 6 2内に格納

されている。

【0105】

その後、C P U 6 1はステップ915に進んで、インテークマニホールド出口部ガス温度基準値Tboutrefを、指令燃料噴射量qfi、エンジン回転速度NE、及び図12に示したテーブルMapTboutrefから決定する。テーブルMapTboutrefは、指令燃料噴射量qfin及びエンジン回転速度NEとインテークマニホールド出口部ガス温度基準値Tboutrefとの関係を規定するテーブルであり、R O M 6 2内に格納されている。このインテークマニホールド出口部ガス温度基準値Tboutrefは、指令燃料噴射量qfinとエンジン回転速度NEとの組み合わせに対して図11に示した基本噴射時期finjを決定したときのインテークマニホールド出口部ガス温度Tboutである。

【0106】

次いで、C P U 6 1は、ステップ920に進んで、噴射時期補正值 $\Delta \theta$ を、前記決定したインテークマニホールド出口部ガス温度基準値Tboutrefと図2に示したブロックB4により求められている実際のインテークマニホールド出口部ガス温Tboutとの差（Tboutref-Tbout）と図13に示したテーブルMap $\Delta \theta$ とから決定する。テーブルMap $\Delta \theta$ は、差（Tboutref-Tbout）と噴射時期補正值 $\Delta \theta$ との関係を規定するテーブルであり、R O M 6 2内に格納されている。

【0107】

次いで、C P U 6 1はステップ925に進み、基本噴射時期finjを噴射時期補正值 $\Delta \theta$ で補正して最終噴射時期finjfinalを決定する。このように、上記ステップ915～925により、インテークマニホールド出口部ガス温Tboutに応じて噴射時期が補正されることになる。この場合、図13から明らかなように、インテークマニホールド出口部ガス温度Tboutがインテークマニホールド出口部ガス温度基準値Tboutrefより高くなるほど噴射時期補正值 $\Delta \theta$ が負の大きな値となって最終噴射時期finjfinalが遅角側となり、インテークマニホールド出口部ガス温度Tboutがインテークマニホールド出口部ガス温度基準値Tboutrefより低くなるほど噴射時期補正值 $\Delta \theta$ は正の大きな値となって最終噴射時期finjfinalが進角側に移行される。

【0108】

このように噴射時期を決定するのは、インテークマニホールド出口部ガス温度Tboutが高いときは同温度Tboutが低いときよりも燃料の着火性が良好であるから、燃料噴射時期を遅角しても着火性に問題がなく、NOxの排出量を低減することができるからである。一方、インテークマニホールド出口部ガス温度Tboutが低いときは燃料の着火性が悪化するから、燃料噴射時期を進角して着火性を確保するためである。これにより、エンジン10の出力性能の向上及びNOx排出量の低減が達成され得る。

【0109】

そして、C P U 6 1は、続くステップ930にて現時点が上記決定された最終燃料噴射時期finjfinalと一致しているか否かを判定し、一致している場合はステップ935に進んで上記決定された指令燃料噴射量qfinの燃料を噴射時期が到来しているシリンダの燃料噴射弁21から噴射し、ステップ995に進んで本ルーチンを一旦終了する。また、ステップ930にて「No」と判定される場合、直接ステップ995に進んで本ルーチンを一旦終了する。以上により、燃料噴射量と燃料噴射時期の制御が達成される。

【0110】

< E G R 制御 >

次に、E G R率制御について説明する。C P U 6 1は、図14にフローチャートにより示したE G R率を制御するためのルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行するようになっている。従って、所定のタイミングになると、C P U 6 1はステップ1400から処理を開始し、ステップ1405に進んで、その時点の指令燃料噴射量qfin、その時点のエンジン回転速度NE、及び同ステップ内に示したテーブルMap02tgtから目標吸気酸素濃度02tgtを決定する。テーブルMap02tgtは、指令燃料噴射量qfin及びエンジン回転速度NEと、目標吸気酸素濃度02tgtとの関係を規定するテーブルであり、R O M 6 2内に格納されている。

【0111】

次に、C P U 6 1はステップ1410にて指令燃料噴射量qfin及びエンジン回転速度NEから単位時間当たりの供給燃料量Qを求め、続くステップ1415にて空

気過剰率 λ を同ステップ中に記載した式 ($\lambda = k \lambda \cdot Gaact / Q$) により求める。k λ は定数である。次いで、C P U 6 1はステップ1420にて目標E G R率Rtgtを、上記ステップ1405にて決定した目標吸気酸素濃度O2tgt、上記ステップ1420にて求めた空気過剰率 λ 、及び同ステップ1420内に記載した式 (Rtgt = $\lambda \cdot (p \cdot O2tgt + q)$ 、 p及びqは定数) に基いて求める。なお、吸気酸素濃度、E G R率、及び空気過剰率との関係は、例えば、特開平10-141147に詳細に開示されている。

【0112】

次いで、C P U 6 1はステップ1425にて、図2に示したブロックB1にて求めた実E G R率Ractが前記ステップ1420にて求めた目標E G R率Rtgtより大きいか否かを判定し、同ステップ1420にて「Y e s」と判定される場合、ステップ1430に進んでE G R制御弁52を所定の開度だけ閉じ、E G R率を減少させてステップ1495に進んで本ルーチンを一旦終了する。他方、ステップ1425にて「N o」と判定される場合、C P U 6 1はステップ1435に進んでE G R制御弁52を所定の開度だけ開き、E G R率を増大させてステップ1495に進む。以上により、実際の酸素吸気濃度が目標酸素吸気濃度O2tgtに一致するようにE G R率が制御され、NOxの排出量低減及びスモークの低減が達成される。

【0113】

なお、上述した図14に示したルーチンによるE G R率制御においては、目標酸素吸気濃度O2tgtを求め、この目標酸素吸気濃度O2tgtを目標E G R率Rtgtに変換することによりE G R率を制御していたが、指令燃料噴射量qfin及びエンジン回転速度NEと目標E G R率Rtgtとの関係を規定した図15に示したテーブルMapRtgt、実際の指令燃料噴射量qfin、及び実際のエンジン回転速度NEから直接目標E G R率Rtgtを求めて、実際のE G R率Ractが同目標E G R率Rtgtと一致するようE G R制御弁52の開度を制御してもよい。

【0114】

<過給圧制御>

次に、過給圧制御について説明する。C P U 6 1は、図示しない過給圧制御の

ためのルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行し、同所定時間の経過毎に、その時点の指令燃料噴射量qfin、その時点のエンジン回転速度NE、及び図16示したテーブルMapPbtgtから目標過給圧Pbtgtを決定する。テーブルMapPbtgtは、指令燃料噴射量qfin及びエンジン回転速度NEと、目標過給圧Pbtgtとの関係を規定するテーブルであり、ROM62内に格納されている。

【0115】

そして、CPU61は、決定された目標過給圧Pbtgtと吸気圧センサ73から取得される実際の過給圧Pbとを比較し、同目標過給圧Pbtgtと同実際の過給圧Pbとが一致するようにターボチャージャ絞り弁35cの開度を制御する。このようにして、過給圧制御が実行される。

【0116】

以上、説明したように、本発明による内燃機関の制御装置の実施形態によれば、EGRガス冷却装置53の冷却効率が、排気還流管入口部EGRガス温度とEGRガス流量対応値に基いて求められるので、結果として、排気還流管出口部EGRガス温度の推定精度が向上する。また、新気とEGRガスとの混合ガス（吸気）とインテークマニホールド31との間の熱の授受が考慮されてインテークマニホールド出口部ガス温度Tboutが推定されるので、同温度Tboutの推定精度も向上し、その結果、EGR率を精度良く推定することができる。

【0117】

なお、本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、エキゾーストマニホールド内ガス圧力Pexは、エキゾーストマニホールド41と排気還流管51との接続部近傍に排気圧力センサを配設し、この排気圧力センサの出力値に基いて求めるように構成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態に係る内燃機関の制御装置を4気筒内燃機関（ディーゼル機関）に適用したシステム全体の概略構成図である。

【図2】 図1に示したCPUが実行するプログラムの内容を表した機能ブロック図である。

【図3】 図1に示したC P Uが計算する値を説明するための図である。

【図4】 図1に示したC P Uが実行するプログラムの内容を表した機能ブロック図である。

【図5】 排気還流管入口部E G Rガス温度Texを求めるための関数fTexを決定する際に使用した実測値の一例を示すグラフである。

【図6】 エキゾーストマニホールド内ガス圧力Pexを求めるための関数fPexを決定する際に使用した実測値の一例を示すグラフである。

【図7】 E G Rガス冷却装置の冷却効率 η_{egr} とE G Rガス流量Gegrを排気還流管入口部E G Rガス温度Texで除した値(Gegr/Tex)との関係を示すグラフである。

【図8】 インテークマニホールド熱伝達率 η_{im} を求めるための関数f η_{im} を決定する際に使用した実測値の一例を示すグラフである。

【図9】 図1に示したC P Uが実行するプログラムを示したフローチャートである。

【図10】 図1に示したC P Uが図9に示したプログラムを実行する際に参照する指令燃料噴射量を決定するためのテーブルである。

【図11】 図1に示したC P Uが図9に示したプログラムを実行する際に参照する基本噴射時期を決定するためのテーブルである。

【図12】 図1に示したC P Uが図9に示したプログラムを実行する際に参照するインテークマニホールド出口部ガス温度基準値を決定するためのテーブルである。

【図13】 図1に示したC P Uが図9に示したプログラムを実行する際に参照する噴射時期補正值を決定するためのテーブルである。

【図14】 図1に示したC P Uが実行するプログラムを示したフローチャートである。

【図15】 第1実施形態の変形例に係る内燃機関の制御装置のC P Uが目標E G R率を決定する際に参照するテーブルである。

【図16】 図1に示したC P Uが目標過給圧を決定するために参照するテーブルである。

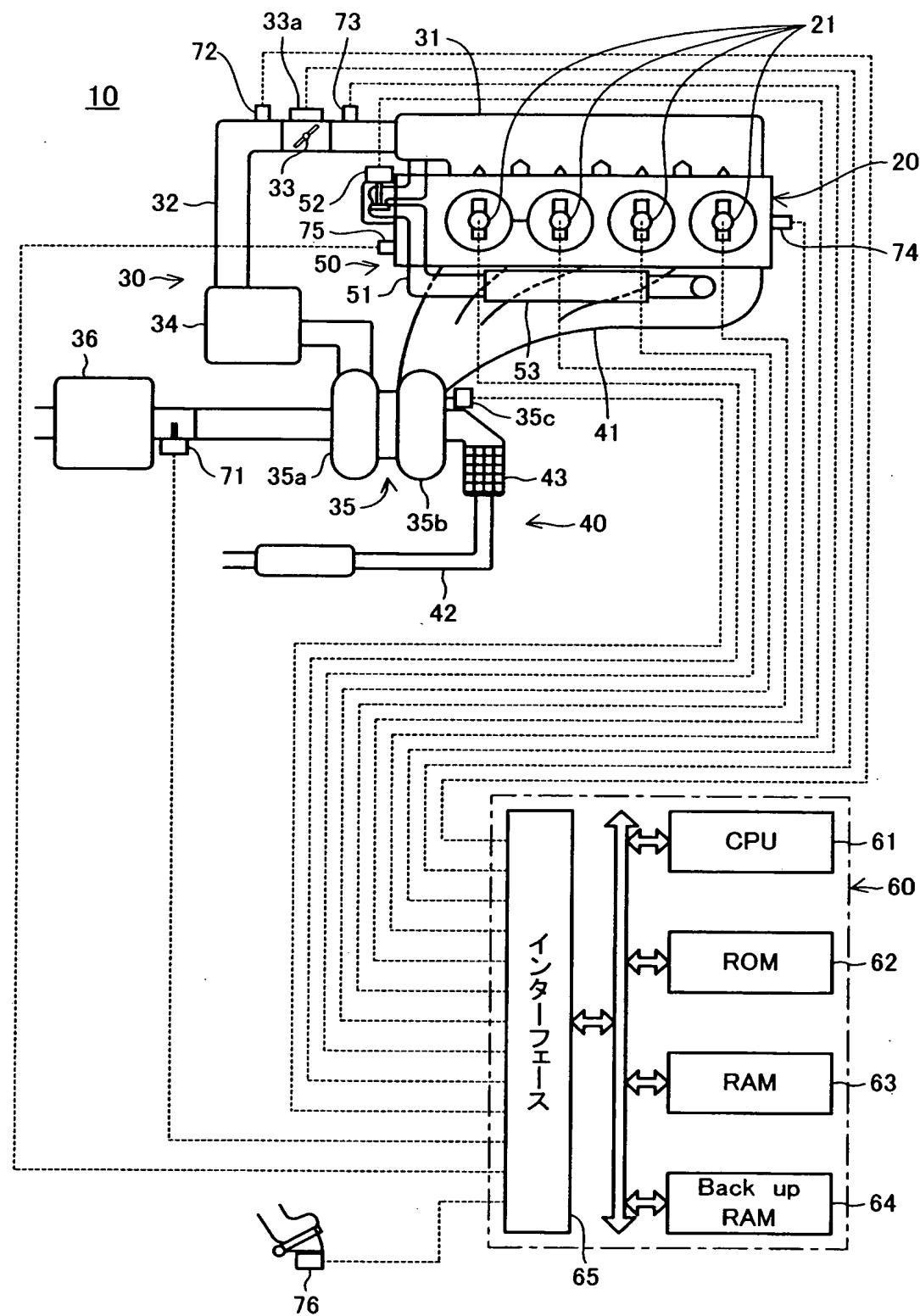
【図17】 冷却効率 η_{egr} と EGR ガス流量 Gegr との関係を、排気還流管入口部 EGR ガス温度 Tex をパラメータとして示しグラフである。

【符号の説明】

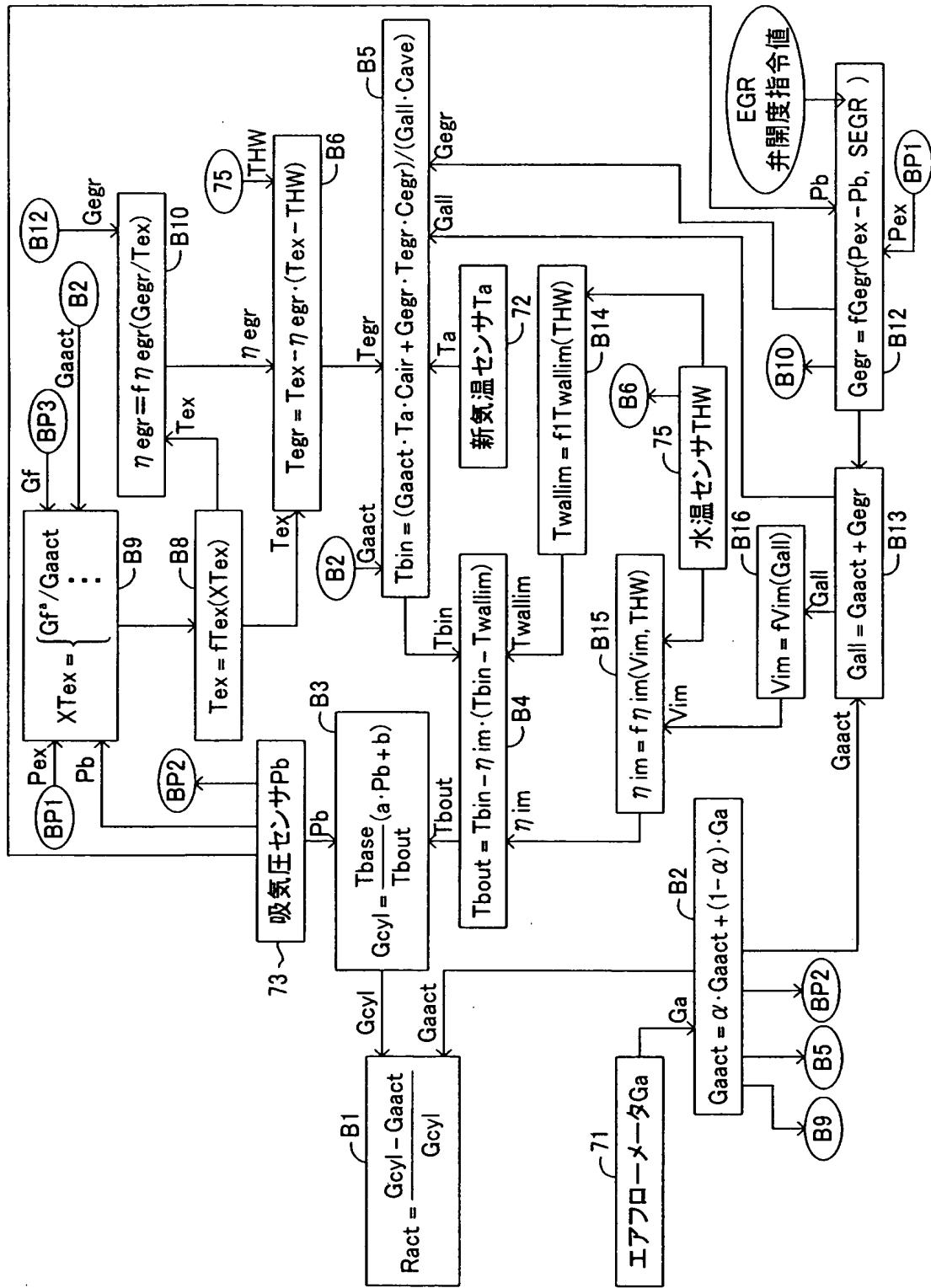
21…燃料噴射弁、31…インテークマニホールド、32…吸気管、33…スロットル弁、35…ターボチャージャ、41…エキゾーストマニホールド、42…排気管、43…DPNR、50…EGR装置、51…排気還流管、52…EGR制御弁、60…電気制御装置。

【書類名】 図面

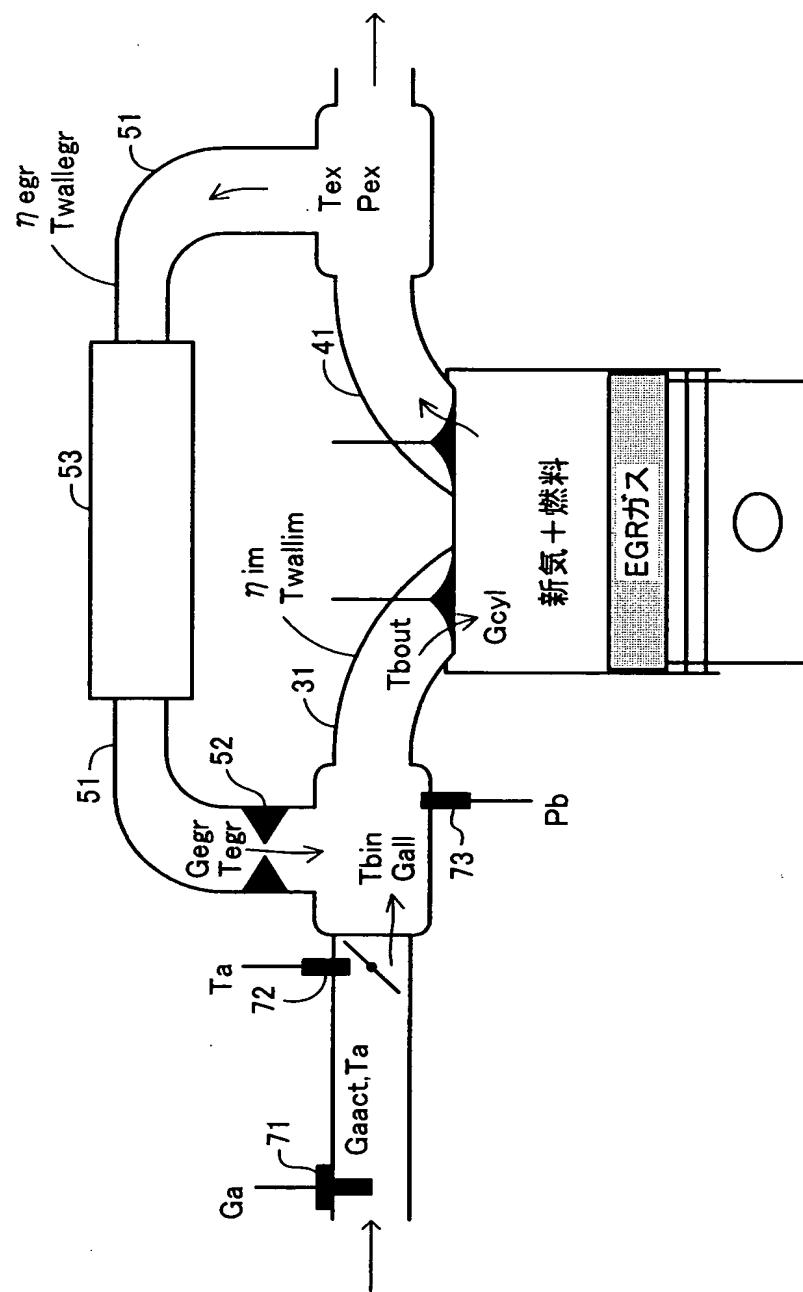
【図1】



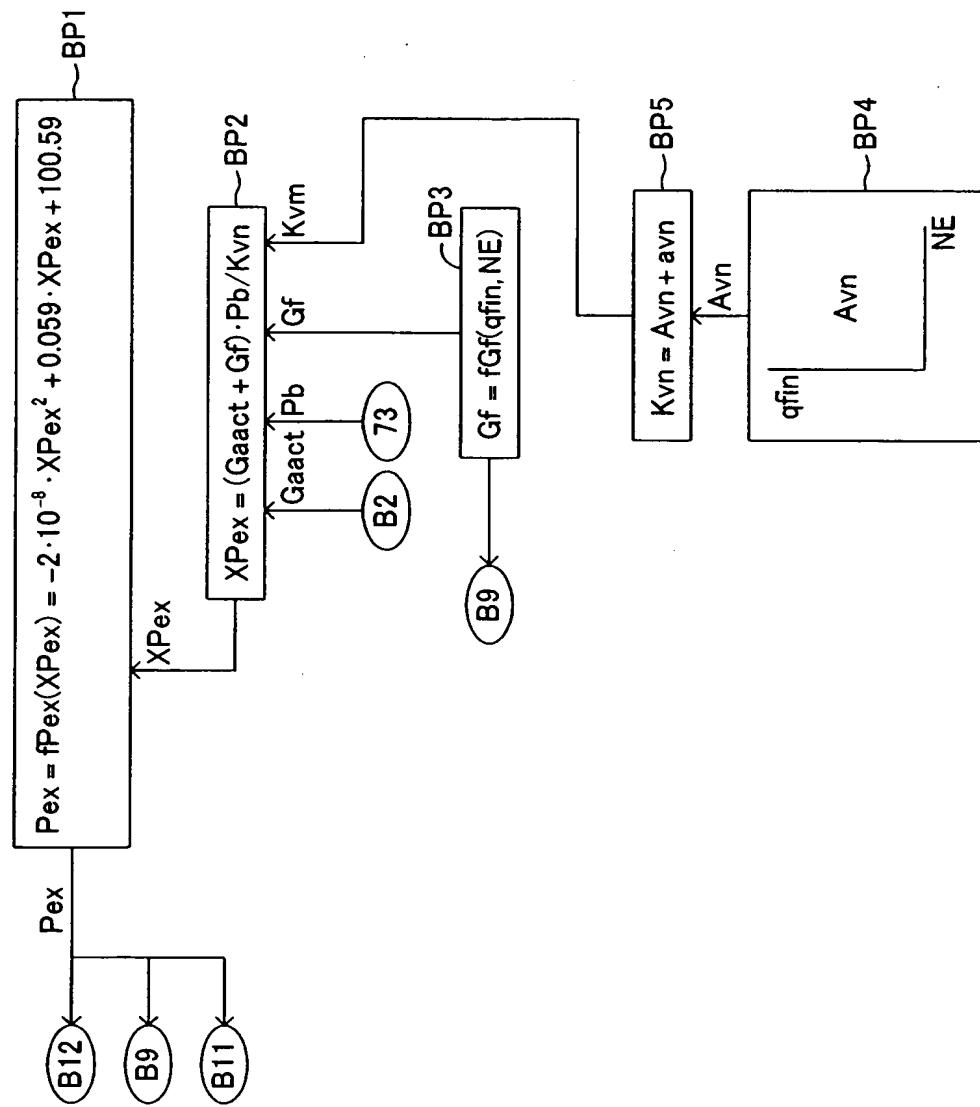
【図2】



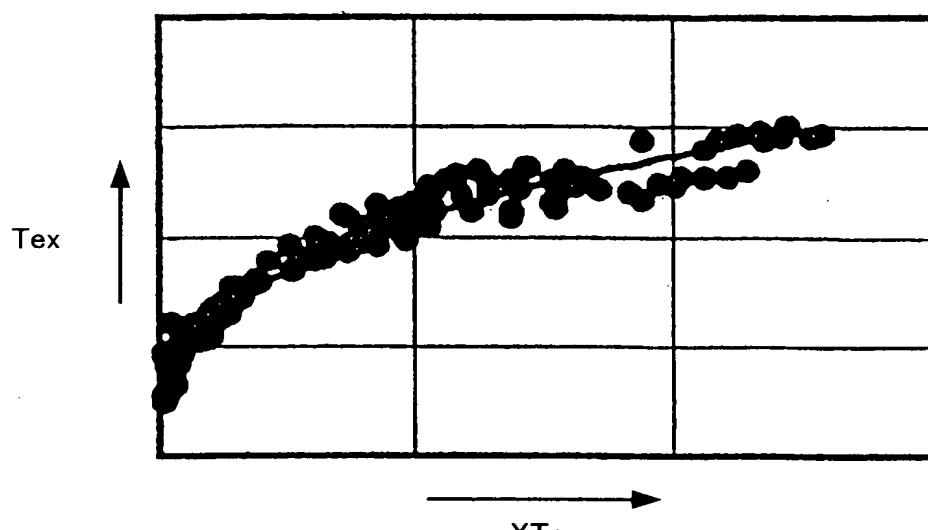
【図3】



【図 4】

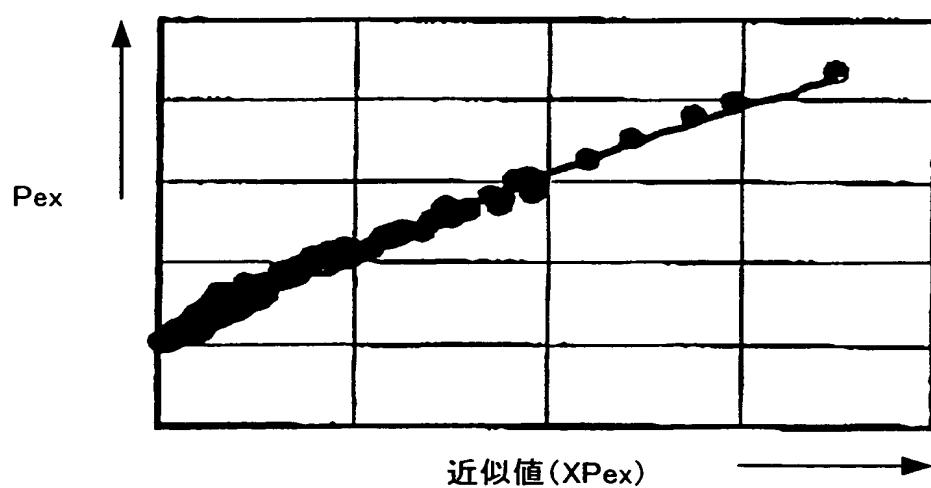


【図5】



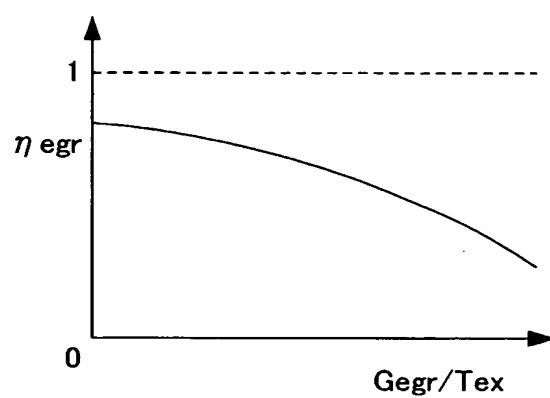
$$\text{Tex} = f_{\text{Tex}}(X_{\text{Tex}}) = 545.9X_{\text{Tex}}^{0.3489}$$

【図6】

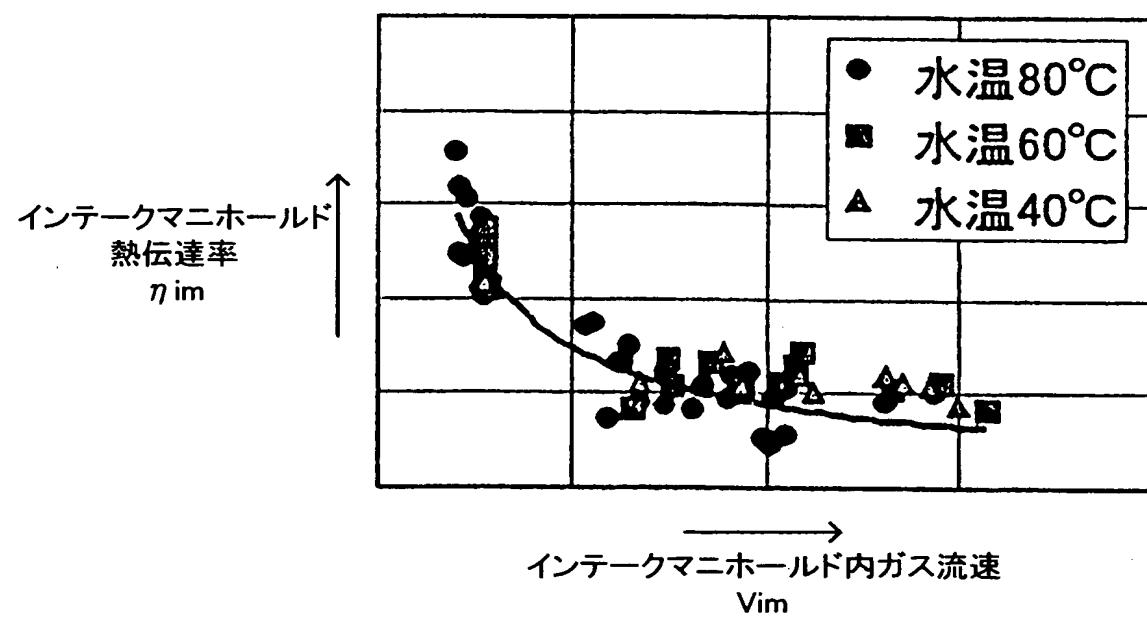


$$P_{\text{ex}} = f_{\text{Pex}}(XP_{\text{ex}}) = -2 \cdot 10^{-8} \cdot XP_{\text{ex}}^2 + 0.0059 \cdot XP_{\text{ex}} + 100.59$$

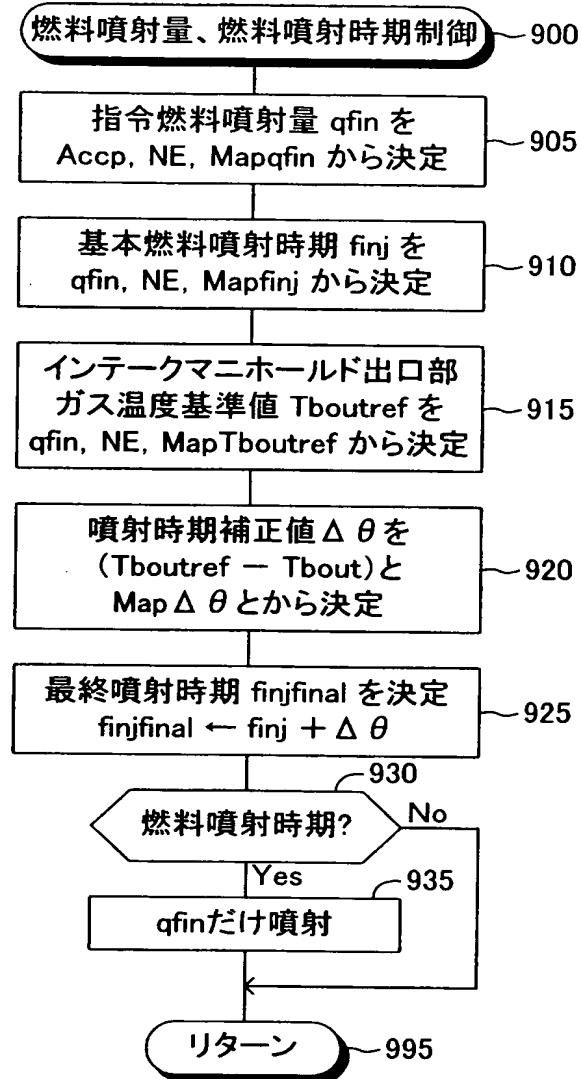
【図7】



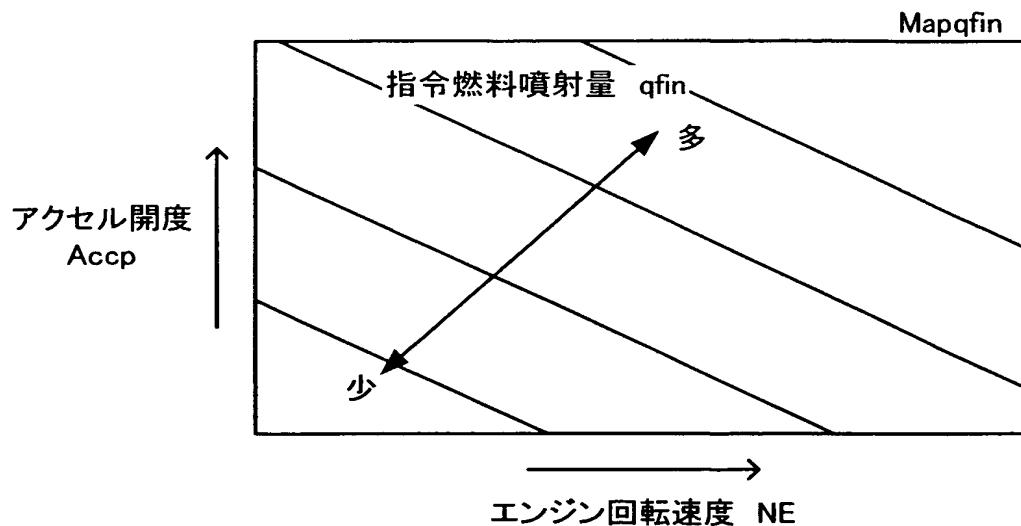
【図8】



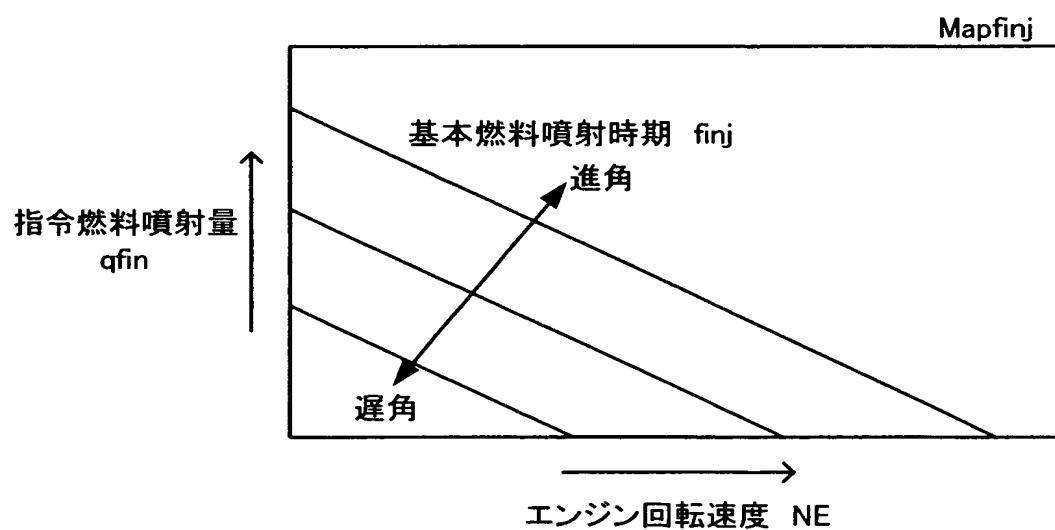
【図 9】



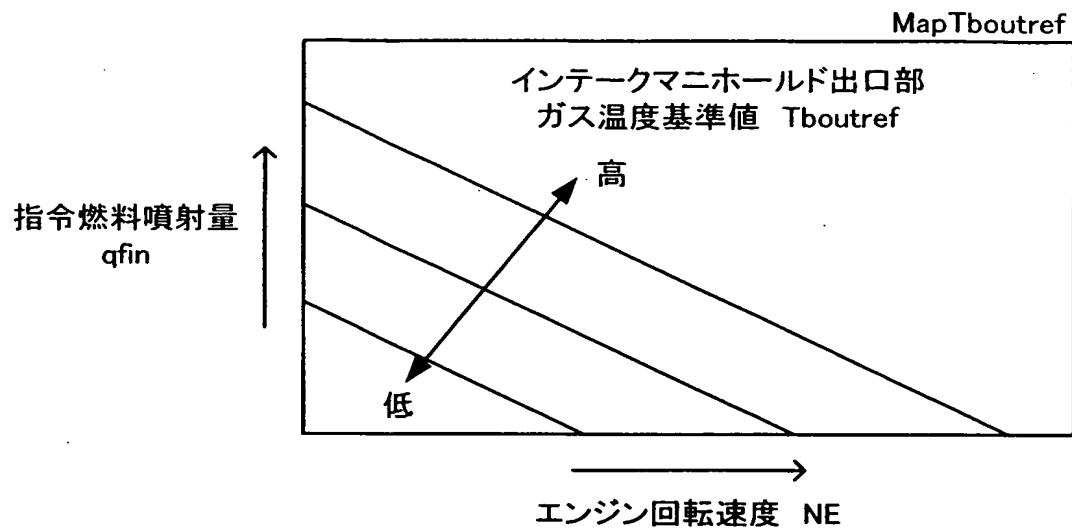
【図10】



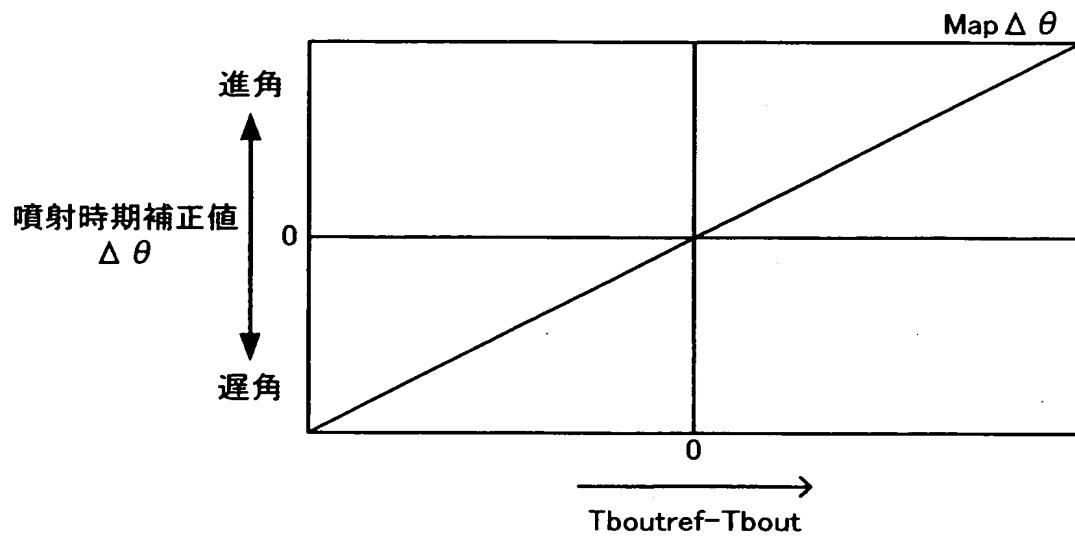
【図11】



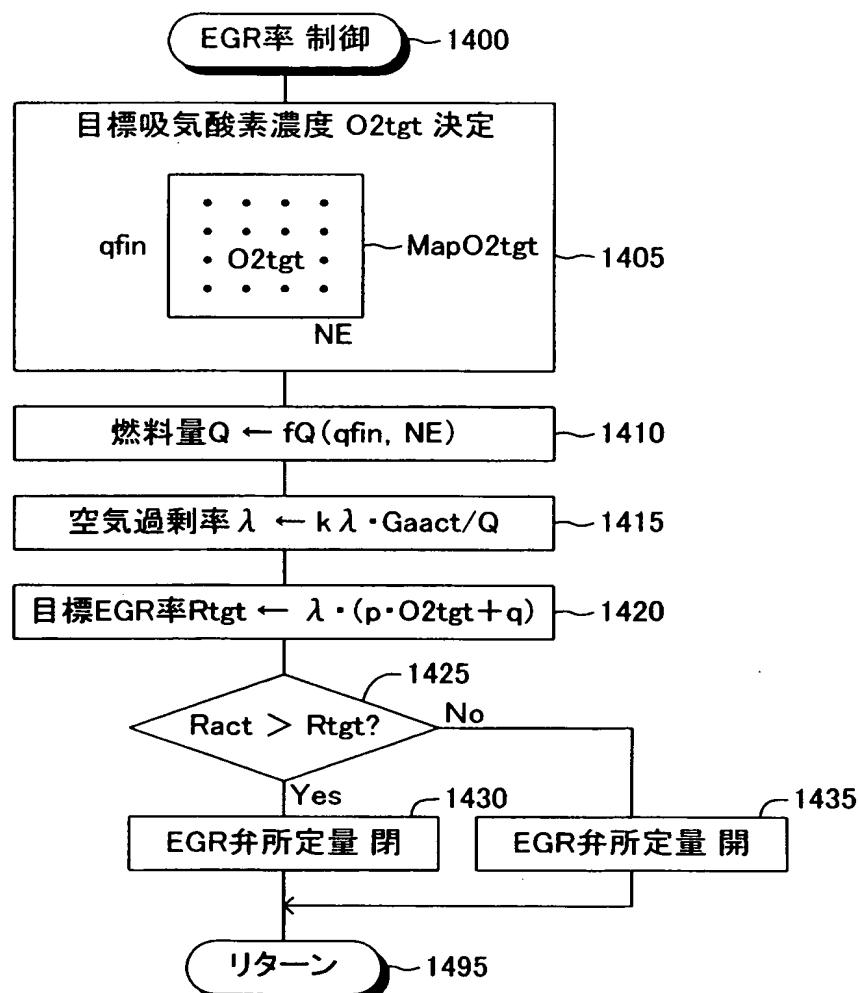
【図12】



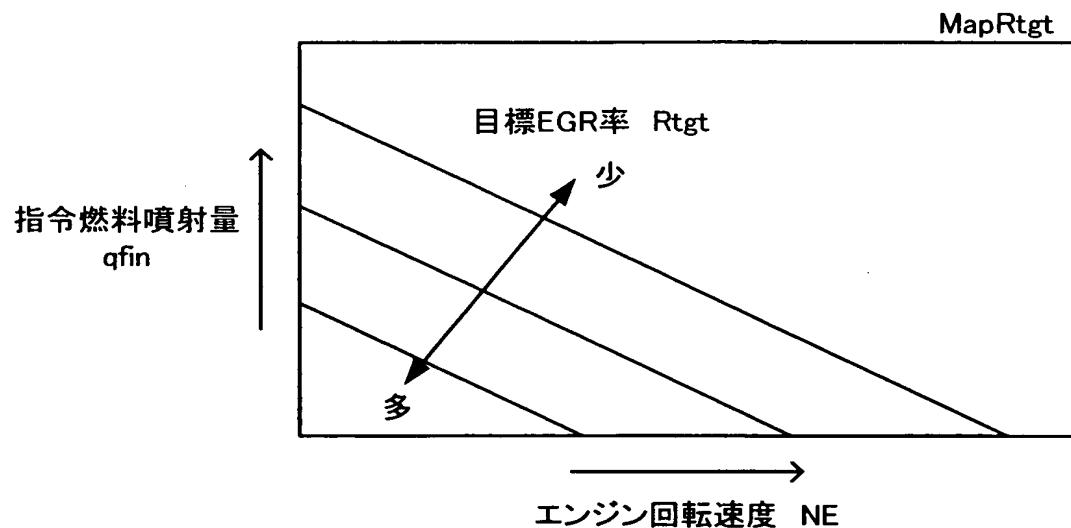
【図13】



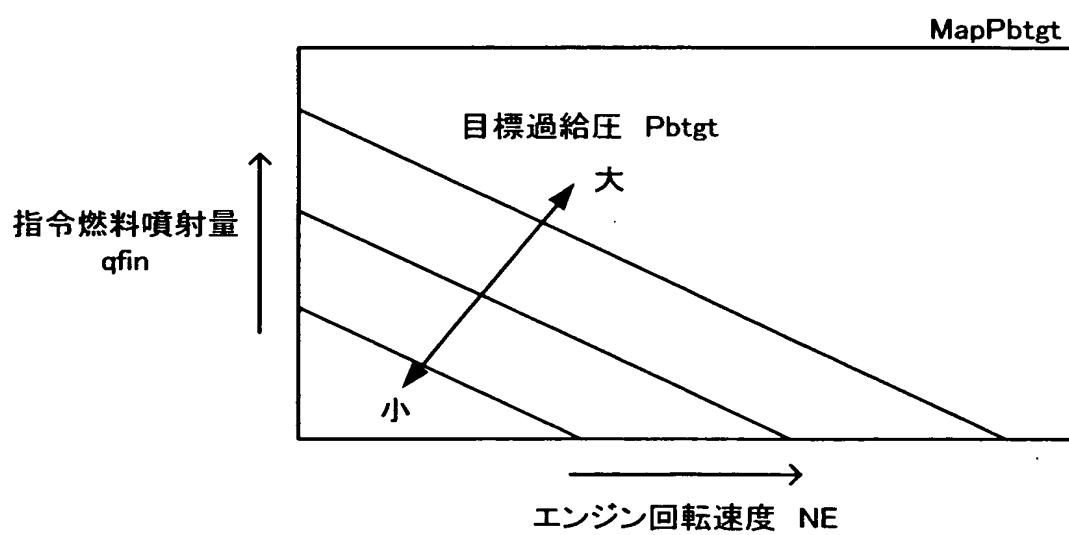
【図14】



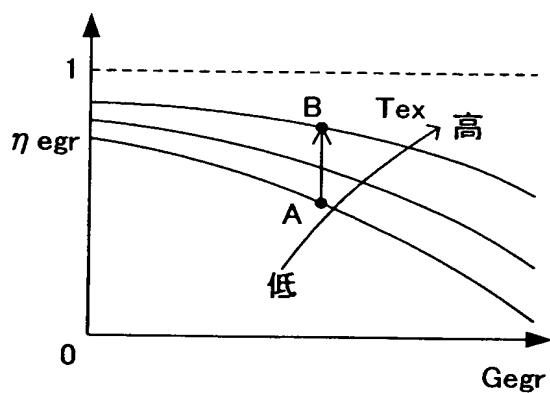
【図15】



【図16】



【図17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 EGRガス冷却装置の冷却効率を精度良く推定することにより、排気還流管出口部のEGRガス温度を精度良く推定し得る内燃機関のガス温度推定装置を提供すること。

【解決手段】 本装置は、排気還流管51とEGRガス冷却装置53とを備えた内燃機関のEGRガス温度推定装置であって、排気還流管入口部のEGRガス温度TexとEGRガス流量GegrとからEGRガス冷却装置の冷却効率 η_{egr} を求めるとともに、EGRガス冷却装置の冷媒温度であるエンジン冷却水温THWを取得する。そして、排気還流管出口部のEGRガス温度Tegrを、 $Tegr = Tex - \eta_{egr} \cdot (Tex - THW)$ なる式に基いて計算する。冷却効率 η_{egr} は、EGRガス流量GegrとEGRガス温度Texにより大きく変化するから、本装置によれば精度良く冷却効率 η_{egr} が推定され、その結果、EGRガス温度Tegrも精度良く推定される。

【選択図】 図3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-320400
受付番号	50201662140
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0092
作成日	平成14年11月 5日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成14年11月 1日
【特許出願人】	
【識別番号】	000003207
【住所又は居所】	愛知県豊田市トヨタ町1番地
【氏名又は名称】	トヨタ自動車株式会社
【特許出願人】	
【識別番号】	000004260
【住所又は居所】	愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
【氏名又は名称】	株式会社デンソー
【代理人】	
【識別番号】	100088971
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閻3丁目1番18号 名 古屋K Sビル プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	大庭 咲夫
【選任した代理人】	
【識別番号】	100115185
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閻3丁目1番18号 名 古屋K Sビル プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	加藤 慎治

次頁無

特願2002-320400

出願人履歴情報

識別番号 [000003207]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住所 愛知県豊田市トヨタ町1番地
氏名 トヨタ自動車株式会社

特願 2002-320400

出願人履歴情報

識別番号 [000004260]

1. 変更年月日 1996年10月 8日

[変更理由] 名称変更

住所 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
氏名 株式会社デンソー